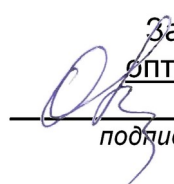


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)  
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА (ПИШ)

УТВЕРЖДАЮЮ  
Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии  
 (Овчинников О.В.)  
подпись, расшифровка подписи

05.06.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.05 Квантовые компьютеры и квантовые коммуникации  
Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Головинский П.А., доктор физико-математических наук, профессор
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 04.06.2025
8. Учебный год: 2026 /2027 Семестр(-ы): 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:* развитие у магистрантов профессиональных компетенций и навыков самостоятельной исследовательской работы в области моделирования и исследования квантовых технологий передачи и обработки информации

*Задачи учебной дисциплины:*

- изучить основные принципы и подходы к построению систем квантовой коммуникации и распределенных защищенных сетей на их основе;
- освоить принципы формирования, передачи и регистрации квантовых сигналов
- изучить базовые протоколы, подходы к обоснованию их стойкости, методы экспериментальной реализации
- овладеть навыком самостоятельной работы с технической документацией устройств квантовой коммуникации.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** дисциплина Б1.В.05 «Квантовые компьютеры и коммуникации» относится к части, формируемая участниками образовательных отношений Блока Б1

## 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

| Код  | Название компетенции                                                                                                                                                       | Код(ы) | Индикатор(ы)                                                                                                                    | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 | Способен анализировать научно-технические проблемы и ставить цели и задач проводимых научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников | ПК-1.1 | Составляет план поиска научно-технической информации по созданию материалов и разработке устройств фотоники и оптоинформатики   | Знать: принципы поиска научно-технической информации<br>Уметь: составлять план поиска научно-технической информации для определения материалов и разработки устройств фотоники и оптоинформатики<br>Владеть: навыками планирования и организации поиска научно-технической информации                                                                                                     |
|      |                                                                                                                                                                            | ПК-1.2 | Проводит поиск и анализ научно-технической информации для создания материалов и разработки устройств фотоники и оптоинформатики | Знать: принципы поиска научно-технической информации<br>Уметь: проводить поиск научно-технической информации для определения материалов и разработки устройств фотоники и оптоинформатики<br>Владеть: навыками поиска научно-технической информации                                                                                                                                       |
|      |                                                                                                                                                                            | ПК-1.3 | Представляет информацию в систематизированном виде, оформляет научно-технические отчеты                                         | Знать: требования к составлению научно-технических отчетов<br>Уметь: оформлять научно-технические отчеты<br>Владеть: навыками систематизации научно-технической информации                                                                                                                                                                                                                |
| ПК-5 | Способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатик и на уровне узлов, элементов, систем и технологий                                        | ПК-5.1 | Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием систем оптоинформатики        | Знать: основные принципы и подходы к построению систем квантовой коммуникации и распределенных защищенных сетей на их основе<br>Уметь: выделять проблемы в области получения, хранения и обработки информации с использованием систем оптоинформатики<br>Владеть: навыками выделения проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием систем оптоинформатики |
|      |                                                                                                                                                                            | ПК-5.2 | Осуществляет поиск имеющихся                                                                                                    | Знать: принципы поиска имеющихся технологий получения, хранения и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |  |        |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |        | технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем                                         | обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем<br>Уметь: проводить поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем<br>Владеть: навыками поиска имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем |
|  |  | ПК-5.3 | Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации | Знать: принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации<br>Уметь: разрабатывать новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации<br>Владеть: навыками исследовательской работы                                                                          |

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**13. Виды учебной работы:**

| Вид учебной работы                             |              | Трудоемкость |              |
|------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                                |              | Всего        | Семестр<br>3 |
| Аудиторные занятия                             |              | 108          | 108          |
| в том числе:                                   | лекции       | 32           | 32           |
|                                                | практические |              |              |
|                                                | лабораторные |              |              |
| Самостоятельная работа                         |              | 76           | 76           |
| в том числе: курсовая работа (проект)          |              |              |              |
| Форма промежуточной аттестации<br><i>зачет</i> |              |              |              |
| Итого:                                         |              | 108          | 108          |

**13.1 Содержание дисциплины:**

| п/п              | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Лекции</b> |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1.1              | Квантовая информация            | Математика квантовых вычислений. Матрицы и векторы. Квантовые состояния. Амплитуды вероятности. Линейные операторы. Эрмитовы операторы. Собственные значения и векторы. Квантовые измерения. Эволюция изолированной системы. Унитарные операторы. Коммутаторы. Полярное разложение. Спектральное разложение. Проективные измерения. |

|     |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.2 | Смешанные и перепутанные состояния.             | Смешанные состояния. Матрица плотности и квантовая энтропия. Эволюция матрицы плотности. Редуцированная матрица плотности. Уравнения Блоха для двухуровневой системы. Перепутанные состояния. Разложение Шмидта. Парадокс Эйнштейна-Розена-Подольского. Генерация перепутанных фотонов. Измерение перепутанных фотонов.                                                                            |
| 1.3 | Квантовое кодирование.                          | Задача о секретной передаче данных. Биты и кубиты. Квантовое кодирование. Сверхплотное кодирование. Граница Холево. Запрет клонирования состояний. Передача информации по квантовым каналам. Исправление квантовых ошибок. Квантовая криптография и протоколы. Квантовое распределение ключей. Квантовая телепортация. Квантовые сети.                                                             |
| 1.4 | Квантовая обработка информации.                 | Классические вычисления. Машины Тьюринга. Сложность вычислений. Вычисления и энергия. Квантовая модель вычислений и квантовые компьютеры. Матрицы Паули. Операция на одном кубите. Универсальные квантовые элементы. Унитарные квантовые схемы вычислений. Сложность квантовых вычислений. Обратимость вычислений. Квантовое преобразование Фурье. Реализация квантовых преобразований на фотонах. |
| 1.5 | Квантовые алгоритмы и их физическая реализация. | Квантовые алгоритмы Шора и Гровера. Физическая реализация квантовых вычислений. Представление квантовой информации. Приготовление начального состояния. Измерение конечного результата. Оптическая реализация квантовых вычислений. Квантовые вычисления на ионах и ловушках. Квантовые вычисления на спиновых системах. Квантовые вычисления на сверхпроводниковых переходах.                     |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| №<br>п<br>/п | Наименование раздела дисциплины                 | Виды занятий (часов) |       |      |             |       |
|--------------|-------------------------------------------------|----------------------|-------|------|-------------|-------|
|              |                                                 | Лекции               | Прак. | Лаб. | Сам. работа | Всего |
| 1.           | Квантовая информация                            | 8                    |       |      | 20          | 28    |
| 2.           | Смешанные и перепутанные состояния              | 6                    |       |      | 14          | 20    |
| 3.           | Квантовое кодирование.                          | 6                    |       |      | 14          | 20    |
| 4.           | Квантовая обработка информации.                 | 6                    |       |      | 14          | 20    |
| 5.           | Квантовые алгоритмы и их физическая реализация. | 6                    |       |      | 14          | 20    |
|              | Итого                                           | 32                   |       |      | 76          | 108   |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций

2) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

3) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим

аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                       |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | “Физика квантовой информации” под редакцией Д. Боумейстера, А. Экерта и А. Цайлингера. М.: Постмаркет, 2002. – 375 с.          |
| 2.    | Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006. – 824с.                                        |
| 3.    | Кайе Ф., Лафлам Р., Моска М. Введение в квантовые вычисления. Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009. – 360 с. |

### б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.    | Kok P., Lovett B.W. Introduction to Optical Quantum Information processing. Cambridge University Press, 2010. – 488 p.                                                                                                                                                                      |
| 5.    | Мардоян Л., Погосян Г., Сисакян А. - Квантовые системы со скрытой симметрией. Межбазисные разложения - Издательство "Физматлит" - 2006 - 240с. - ISBN: 5-9221-0688-0 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/59425">https://e.lanbook.com/book/59425</a> |
| 6.    | Хренников А.Ю. - Введение в квантовую теорию информации - Издательство "Физматлит" - 2008 - 284с. - ISBN: 978-5-9221-0951-2 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/217">https://e.lanbook.com/book/217</a>                                              |

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Ресурсы Интернет                                                       |
|-------|------------------------------------------------------------------------|
| 7.    | ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> |

## 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Козубов А.В., Гайдаш А.А., Кынев С.М., Егоров В.И., Иванова А.Е., Глейм А.В., Мирошниченко Г.П., Основы квантовой коммуникации: часть 1. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 85 с. |
| 2     | А.В. Павлов, Квантовые и оптические методы обработки информации и вычислений. Т.2. - СПб: Университет ИТМО, 2021. - 58 с.                                                       |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются традиционные и дистанционные образовательные технологии: По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на

конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, ноутбук, мультимедиа-проектор, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ».

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п                                              | Наименование раздела дисциплины (модуля)        | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства                                    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1.                                                 | Квантовая информация                            | ПК-1<br>ПК-5   | ПК-1.1,1.2,1.3<br>ПК-5.1,5.2,5.3    | Тестовые задания<br>Практические задачи               |
| 2.                                                 | Смешанные и перепутанные состояния              | ПК-1<br>ПК-5   | ПК-1.1,1.2,1.3<br>ПК-5.1,5.2,5.3    | Тестовые задания<br>Практические задачи               |
| 3.                                                 | Квантовое кодирование.                          | ПК-1<br>ПК-5   | ПК-1.1,1.2,1.3<br>ПК-5.1,5.2,5.3    | Тестовые задания<br>Практические задачи               |
| 4.                                                 | Квантовая обработка информации.                 | ПК-1<br>ПК-5   | ПК-1.1,1.2,1.3<br>ПК-5.1,5.2,5.3    | Тестовые задания<br>Практические задачи               |
| 5.                                                 | Квантовые алгоритмы и их физическая реализация. | ПК-1<br>ПК-5   | ПК-1.1,1.2,1.3<br>ПК-5.1,5.2,5.3    | Тестовые задания<br>Практические задачи               |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – зачет |                                                 |                |                                     | КИМ (Теоретический вопрос+тест + практическая задача) |

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Типовые задания теста, вопросы и задачи для проведения аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

**20.1. Текущая аттестация** Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей аттестации, которая проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса; тестирования; оценки результатов практической деятельности (решение задач, работа на семинарах).

Тестовые задания:

1. Чем отличаются матрицы от векторов?
  - А) Векторы и матрицы действуют в пространствах разной размерности.
  - Б) Имеют разные нормировки.
  - В) Вектор - это матрица с одним столбцом или одним столбцом.

- Г) Матрицы могут быть комплексные, а векторы – только действительные.
2. Что такое квантовое состояние?
- А) Состояние, которое может меняться только скачком.  
Б) Состояние, характеризующееся волновой функцией.  
В) Состояние с квантованной энергией.  
Г) Состояние микрочастицы.
3. Что такое амплитуда вероятности?
- А) Доля полной вероятности нахождения частицы в данной области пространства.  
Б) Вероятностная характеристика квантового состояния.  
В) Связь между состояниями колеблющихся частиц.  
Г) Максимальная величина колебаний квантовых систем.
4. Что такое линейный оператор?
- А) Простой оператор.  
Б) Оператор, отображающий сумму векторов в сумму их отображений.  
В) Оператор, который может быть представлен матрицей конечного размера.  
Г) Оператор, квадрат которого равен самому оператору.
5. В чем состоят квантовые измерения?
- А) В проектировании вектора на подпространство.  
Б) В определении среднего значения той или иной физической величины.  
В) В расчете вероятности процесса.  
Г) В наблюдении квантовых скачков.
6. Каким уравнением описывается эволюция изолированной квантовой системы?
- А) Уравнением Лиувилля.  
Б) Уравнением Больцмана.  
В) Уравнением Максвелла.  
Г) Уравнением Шредингера.
7. Что такое унитарный оператор?
- А) Оператор, кратный единичному.  
Б) Оператор, сохраняющий нормировку вектора.  
В) Оператор, совпадающий с транспонированным.  
Г) Оператор, задающий эволюцию квантового состояния во времени.
8. Что такое смешанные состояния?
- А) Ансамбль чистых состояний.  
Б) Состояние, описываемое матрицей плотности.  
В) Состояние совокупности подсистем.  
Г) Состояние квантовых частиц после взаимодействия.
9. Что такое перепутанные состояния?
- А) Состояния, интерпретация которых вызывает затруднения.  
Б) Взаимосвязанные состояния, возникающие в результате взаимодействия квантовых систем.  
В) Состояния с частичной потерей информации.  
Г) Состояния систем многих частиц.
10. Парадокс Эйнштейна-Розена-Подольского это:
- А) Ошибочное утверждение Эйнштейна.  
Б) Явление, указывающее на ошибочность квантовой механики.  
В) Квантовый парадокс измерения перепутанных состояний.  
Г) Ненаблюдаемый логический парадокс.

| Критерии оценивания компетенций                                                                                                                             | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| <i>Выполнение тестовых заданий по разделам дисциплины (не менее 50%).<br/>Обучающийся владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины</i> | <i>Базовый уровень</i>               | <i>аттестован</i>    |
| <i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>                                                                 | -                                    | <i>не аттестован</i> |

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: теоретические вопросы, тесты.

### Вопросы для подготовки к зачету

1. Квантовые измерения.
2. Эволюция изолированной квантовой системы.
3. Унитарные операторы.
4. Коммутаторы.
5. Проективные измерения.
6. Смешанные состояния. Матрица плотности и квантовая энтропия.
7. Эволюция матрицы плотности.
8. Редуцированная матрица плотности.
9. Уравнения Блоха для двухуровневой системы.
10. Перепутанные состояния.
11. Парадокс Эйнштейна-Розена-Подольского.
12. Генерация перепутанных фотонов. Измерение перепутанных фотонов.
13. Биты и кубиты.
14. Квантовое кодирование.
15. Граница Холево.
16. Запрет клонирования состояний.
17. Передача информации по квантовым каналам.
18. Квантовая криптография и протоколы.
19. Квантовое распределение ключей.
20. Квантовая телепортация.
21. Квантовая модель вычислений и квантовые компьютеры.
22. Матрицы Паули. Операция на одном кубите.
23. Универсальные квантовые элементы.
24. Унитарные квантовые схемы вычислений.
25. Квантовое преобразование Фурье.
26. Реализация квантовых преобразований на фотонах.
27. Квантовые алгоритмы Шора и Гровера.
28. Физическая реализация квантовых вычислений.
29. Представление квантовой информации.
30. Приготовление начального состояния.
31. Измерение конечного результата.
32. Оптическая реализация квантовых вычислений.
33. Квантовые вычисления на ионах и ловушках.
34. Квантовые вычисления на спиновых системах.
35. Квантовые вычисления на сверхпроводниковых переходах.

### Тестовые задания

1. Какие недостатки имеет квантовый компьютер в сравнении с классическим компьютером:

- 1) Не может иметь память большого размера.

- 2) Чтение состояния кубита разрушает это состояние.
- 3) Корректный ответ можно получить лишь с некоторой вероятностью.
- 4) Не способен выполнять параллельные вычисления.

2. Какие утверждения справедливы относительно понятия «кубит»:

- 1) Это кубический бит.
- 2) Единица памяти квантового компьютера.
- 3) Может рассматриваться как вектор единичной длины на плоскости.

3. Укажите корректную запись значения кубита с координатами  $a$  и  $b$ :

- 1)  $|ab\rangle$
- 2)  $|a\rangle |b\rangle$
- 3)  $a|0\rangle + b|1\rangle +$
- 4)  $|a\rangle + |b\rangle$

4. Какие утверждения справедливы относительно базисных состояний  $n$ -кубита:

- 1) Число базисных состояний равно  $n^2$ .
- 2) Число базисных состояний равно  $2n$ .
- 3) Базисное состояние - это одно из возможных состояний  $n$  классических битов - последовательность из нулей и единиц длины  $n$ .
- 4) Состояние  $n$ -кубита — суперпозиция базовых состояний.

5. Отметьте корректные высказывания:

- 1) Линейная трансформация — поворот фильтра на некоторый угол — запутанное состояние преобразует в незапутанное.
- 2) Линейная трансформация — поворот фильтра на некоторый угол — незапутанное состояние преобразует в запутанное.
- 3) Поскольку квантовый алгоритм представляет линейную трансформацию, то за одно вычисление возможно получить состояние, представляющее суперпозицию экспоненциально большого числа вычислений значений функции  $f(k)$ , что невозможно промоделировать на классическом компьютере.

6. Какие утверждения справедливы при проведении измерений  $n$ -кубита:

- 1) Измерить состояние  $n$ -кубита невозможно.
- 2) При измерении состояния оно разрушается и переходит в одно из базисных состояний.
- 3) При измерении состояния оно разрушается и переходит в состояние, заданное инициализацией.
- 4) Результат измерения носит вероятностный характер. Вероятность появления конкретного результата определяется состоянием кубита.

7. Какие утверждения справедливы относительно алгоритма Шора:

- 1) В алгоритме Шора можно выделить часть, выполняемую на квантовом компьютере, и заключительную часть вычислений по определению множителей  $N$ , выполняемую на обычном компьютере.
- 2) Все вычисления по факторизации  $N$  должны выполняться на квантовом компьютере.
- 3) Однократное выполнение алгоритма Шора однозначно позволяет определить множители  $N$ .
- 4) Из-за вероятностной природы квантовых вычислений для получения результата может потребоваться выполнить несколько запусков алгоритма Шора.
- 5) Недостатком алгоритма Шора является тот факт, что проверить корректность полученного ответа не представляется возможным.

8. Укажите корректные высказывания:

- 1) Существующие квантовые компьютеры из нескольких кубитов строятся только на основе фотонов.
- 2) Различные физические системы используются при построении существующих квантовых компьютеров.

9. Укажите корректные высказывания относительно протокола BB84:

- 1) Квантовый протокол BB84 предназначен для шифрования сообщений при заданном

секретном слове.

2) Квантовый протокол BB84 позволяет сформировать случайную секретную последовательность из 0 и 1 сколь угодно большой длины.

3) Недостатком протокола является то, что возможен взлом шифрования в случае пакетной передачи.

4) Протокол не позволяет обнаружить злоумышленника Еву, перехватывающую сообщения Боба и Алисы.

10. Какие утверждения справедливы для квантового стандартного элемента схемы CNOT:

1) Может использоваться для копирования данных.

2) Используется как управляемое отрицание.

3) Выполняет сборку мусора.

11. Укажите корректные высказывания:

1) Квантовые процессоры должны быть полностью изолированы от окружающей среды, сохраняя при этом контроль и управление вычислениями.

2) Значение кубита можно интерпретировать как суперпозицию с весами  $a$  и  $b$  значений двух классических битов 0 и 1.

3) Технология создания квантовых компьютеров хорошо проработана, а теоретическая база (физика и математика) недостаточно.

12. Какие значения может хранить кубит:

1) Только 0 и 1.

2) Любые положительные значения.

3) Любые значения от 0 до 1 включительно.

13. Что задает запись  $a|0\rangle + b|1\rangle$ :

1) Значение кубита с координатами  $(a, b)$ .

2) Сумму двух кубитов.

3) Кубит, у которого первая координата равна 0 или  $a$ , вторая координата -  $b$  или 1.

14. Какое из приведенных соотношений задает  $H$  трансформацию Адамара:

1)  $T|0\rangle = \frac{1}{2}|0\rangle + \frac{1}{2}|1\rangle$ ;  $T|1\rangle = \frac{1}{2}|0\rangle - \frac{1}{2}|1\rangle$ ;

2)  $T|0\rangle = \cos(\alpha)|0\rangle - \sin(\alpha)|1\rangle$ ;  $T|1\rangle = \sin(\alpha)|0\rangle + \cos(\alpha)|1\rangle$ ;

3)  $T|0\rangle = \sqrt{\frac{1}{2}}|0\rangle + \sqrt{\frac{1}{2}}|1\rangle$ ;  $T|1\rangle = \sqrt{\frac{1}{2}}|0\rangle - \sqrt{\frac{1}{2}}|1\rangle$ ;

4)  $T|x\rangle = \text{if}(x = 0) |xy\rangle$ ;  $\text{if}(x = 1) |xR\alpha(y)\rangle$ .

15. Для 2-кубита:  $0.8|00\rangle + 0.4|01\rangle + 0.2|10\rangle + a3|11\rangle$  чему равно значение коэффициента  $a3$ :

1) 0.1.

2) 0.2.

3) 0.3.

4) 0.4.

16. Какой из стандартных квантовых элементов позволяет копировать данные:

1) NOT.

2) CNOT.

3) AND.

4) OR.

17. Укажите корректные высказывания относительно протокола E79:

1) Квантовый протокол E79 предназначен для шифрования сообщений при заданном секретном слове.

2) Квантовый протокол E79 позволяет сформировать случайную секретную последовательность из 0 и 1 сколь угодно большой длины.+

3) Протокол предполагает существование источника, генерирующего пары запутанных фотонов в идентичных состояниях.+

4) Протокол не позволяет обнаружить злоумышленника Еву, перехватывающую сообщения Боба и Алисы.

18. Какие утверждения справедливы для сборки мусора квантового компьютера:

- 1) Сборка мусора не требуется.
- 2) Сборку мусора реализовать невозможно.
- 3) Сборка мусора необходима и реализуема.

19. Какое утверждение справедливо:

- 1) Квантовая телепортация возможна.
- 2) Квантовая телепортация невозможна.
- 3) Возможность квантовой телепортации подтверждена на практике.
- 4) Возможность квантовой телепортации не подтверждена на практике.

20. В чем состоит квантовая телепортация?

- 1) Мгновенное перемещение квантовой частицы из одной точки в другую.
- 2) Перемещение частиц со сверхсветовыми скоростями.
- 3) Разрушение квантового состояния в одном месте с появлением его в другом.
- 4) Передача информации со скоростью больше скорости света.

**Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.**

| Критерии оценивания компетенций                                                                                                                          | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| <i>Выполнение тестовых заданий по разделам дисциплины (не менее 50%). Обучающийся владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины.</i> | <i>Базовый уровень</i>               | <i>зачтено</i>    |
| <i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>                                                              | <i>-</i>                             | <i>не зачтено</i> |

